

LE PROJET **ReSTart**

Projet **Renewable e-SAF Tartas**

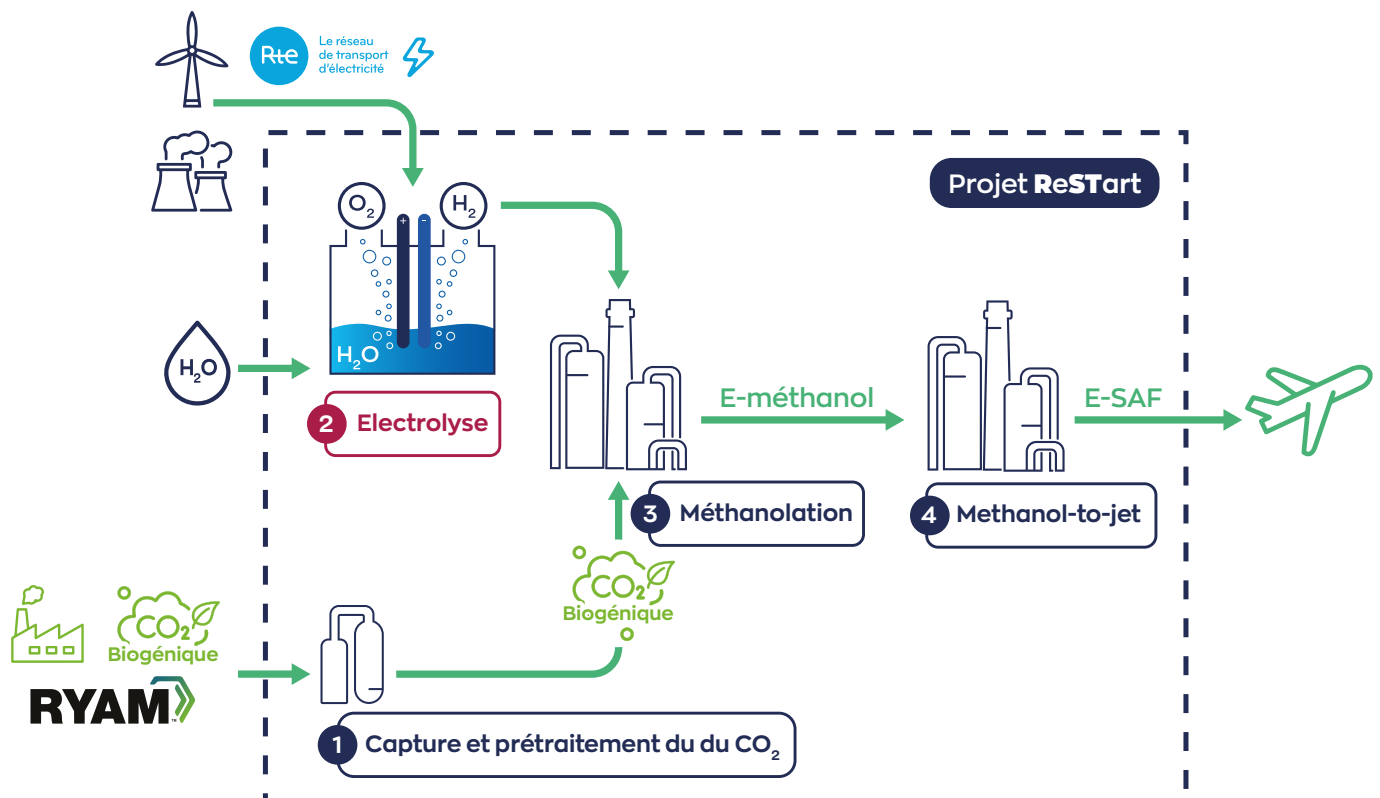
Création d'une unité de capture de CO₂
de production de carburant d'aviation
durable à Tartas et Bégaar.

Concertation garantie par



FICHE THÉMATIQUE N°2

Fiche technologie – La production d'hydrogène par électrolyse de l'eau



2

La production d'hydrogène par électrolyse

L'hydrogène est un gaz, largement employé dans l'industrie, qui aujourd'hui encore est principalement fabriqué, pour des raisons économiques, à partir d'hydrocarbures ou de charbon par des procédés très émetteurs de gaz à effet de serre (ex. vaporeformage). Une méthode alternative de production est l'électrolyse de l'eau, réaction électrochimique, où l'eau H_2O est décomposée sous l'effet d'un courant électrique en 2 gaz : le dihydrogène H_2 et le dioxygène O_2 .

C'est cette méthode, qui ne génère aucune émission de CO_2 , que Verso Energy envisage d'utiliser dans le cadre du projet ReSTart.

Les électrolyseurs déployés auraient une puissance installée totale de 350 MW auxquels s'ajouteront plusieurs auxiliaires nécessaires à leur fonctionnement : des unités de déminéralisation de l'eau d'entrée, de compression et purification de l'hydrogène en sortie et un système de refroidissement en boucle fermée.

Les étapes de production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau

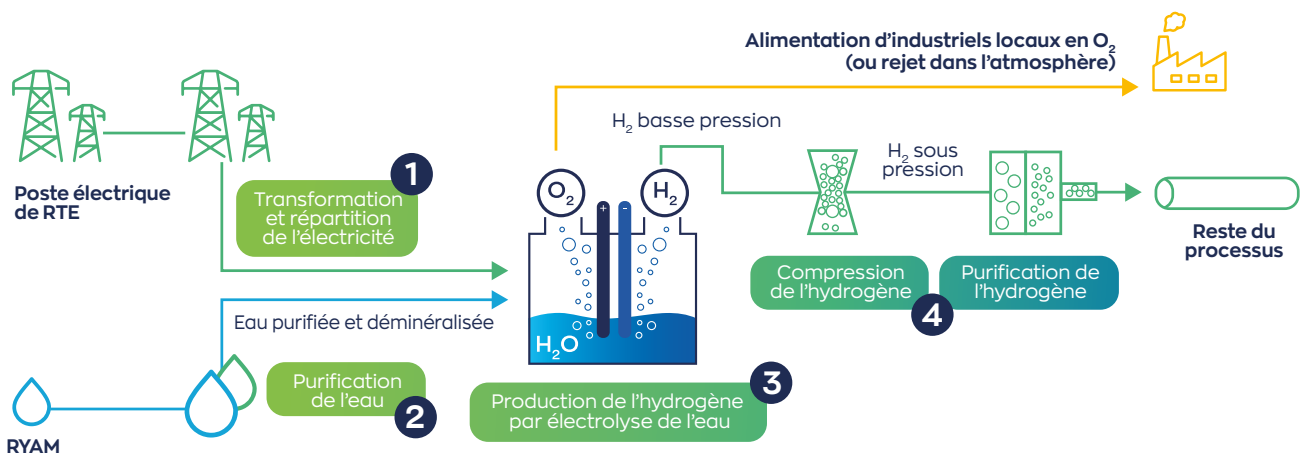


Schéma de principe du fonctionnement d'un électrolyseur

1

Réception, transformation et répartition de l'électricité

Le site de ReSTart à Tartas sera raccordé par RTE au réseau de transport d'électricité via une liaison dédiée. Le niveau de tension de celle-ci sera abaissé et adapté aux besoins électriques des infrastructures de ReSTart - dont les électrolyseurs - grâce à un poste de transformation situé au sein du site de Verso Energy, dit « poste client ». Par ailleurs, le courant alternatif en entrée sera converti en courant continu avant d'alimenter chaque électrolyseur.

2

Purification de l'eau

L'eau nécessaire au procédé d'électrolyse (environ 60% du besoin en eau total) devra être purifiée et déionisée au sein d'une unité de déminéralisation pour atteindre le niveau de qualité adéquat au bon fonctionnement des électrolyseurs.

3

Production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau

L'eau purifiée (H_2O) sera injectée dans les électrolyseurs où elle sera décomposée en dioxygène (O_2) et dihydrogène (H_2) gazeux, sous l'action de l'électricité. Ces deux gaz seront séparés au sein de la cellule d'électrolyse avant d'être comprimé et purifié pour l'hydrogène ou éventé pour l'oxygène.

4

Purification et compression de l'hydrogène

En sortie d'électrolyseur, l'hydrogène contient des traces d'oxygène et d'eau. Afin de garantir le niveau de pureté requis pour être injecté dans la suite du procédé industriel de ReSTart, l'hydrogène sera préalablement désoxygéné et séché. En fonction de la technologie d'électrolyse qui sera choisie, une compression complémentaire pourra également s'avérer être nécessaire.

Nature de l'électricité utilisée

Les électrolyseurs seront alimentés par de l'électricité :

- renouvelable produite dans des parcs solaires et éoliens développés par Verso Energy ou des entreprises partenaires. L'approvisionnement sera sécurisé grâce à des « contrats long terme d'achat d'électricité » (ou PPA en anglais, pour « Power Purchase Agreement »).
- et bas-carbone provenant du marché français de l'énergie. La composition du mix électrique français, majoritairement nucléaire et renouvelable, lui permet d'avoir une empreinte carbone parmi les plus faibles d'Europe.

La gestion et l'optimisation de l'approvisionnement électrique du projet à partir des différentes sources énergétiques évoquées ci-dessus (PPA renouvelables et mix électrique bas-carbone) seront rendues possibles grâce à un système de gestion de l'énergie conçu en interne chez Verso Energy. Celui-ci prendra également en compte l'évolution des contraintes réglementaires, l'efficacité électrique des électrolyseurs, le prix de l'électricité et le contenu carbone du mix électrique pour assurer une amélioration continue de l'approvisionnement électrique du projet et ainsi garantir le meilleur prix de l'hydrogène et donc des carburants durables en sortie de ReStart.

Approvisionnement physique et approvisionnement contractuel

Il est important de bien comprendre la distinction entre l'approvisionnement physique et contractuel de l'électricité.

Sur le plan physique, il est impossible de savoir précisément d'où provient l'électricité qui alimente un projet (ou même votre domicile).

En revanche, l'origine de l'électricité est définie par l'approvisionnement contractuel. Par exemple, si vous achetez de l'électricité auprès d'un fournisseur comme EDF, l'origine de l'électricité est considérée comme étant celle d'EDF, même si l'électricité utilisée ne provient pas directement de leurs centrales.

Pour le projet ReStart, le principe est similaire. Si Verso Energy achète de l'énergie renouvelable provenant de divers parcs en France, même si l'électricité utilisée ne provient pas directement d'un des parcs en question, le contrat garantit que l'origine de l'énergie est bien renouvelable.

Provenance de l'eau nécessaire à l'électrolyse

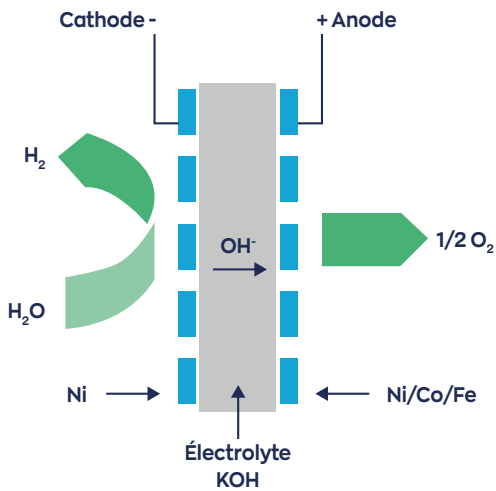
L'eau utilisée pour l'électrolyse sera déminéralisée, puis décomposée en hydrogène et oxygène. Cette déminéralisation concentre les éléments existants sans en ajouter de nouveaux. L'entrée est composée d'eau pure et d'impuretés. Le processus permet d'extraire l'eau pure. Les effluents auront donc les mêmes impuretés pour moins d'eau pure. Les effluents sont donc 5 fois plus concentrés en impuretés que l'entrée et aucun élément chimique supplémentaire n'est introduit par l'électrolyse.

Les effluents de l'unité de déminéralisation seront collectés puis envoyés dans une unité de traitement sur le site, avant d'être restitués au milieu naturel avec une qualité compatible avec celui-ci, c'est-à-dire préservant son état actuel. Verso Energy s'emploiera à démontrer que le projet n'entraîne pas d'incidence sur l'environnement, y compris le milieu aquatique, et à privilégier le recyclage de ses effluents.

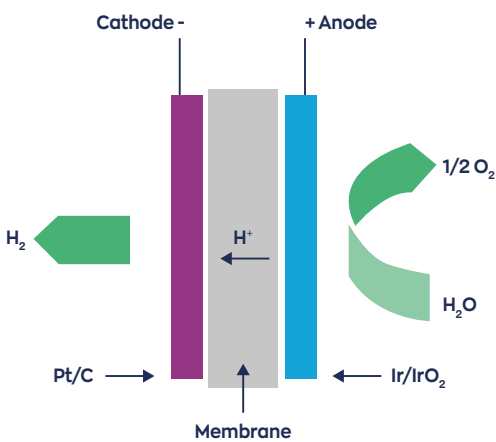
Choix de la technologie d'électrolyse

Aujourd'hui, l'hydrogène décarboné est généralement produit à l'aide de l'une des quatre technologies suivantes : alcalin, PEM, à oxyde solide (SOEC) et à membrane échangeuse d'anions (AEM). Parmi ces technologies, le SOEC et l'AEM sont les plus récentes et sont encore peu matures sur le marché car n'ayant pas encore été déployées à grande échelle sur des projets commerciaux. Bien qu'elles soient toutes deux prometteuses en termes d'efficacité et de performances, elles font encore l'objet de tests et de développements ce qui ne les rendra disponibles commercialement pour des projets de grande envergure avec suffisamment de retour d'expérience d'ici 5 à 7 ans.

Les électrolyseurs alcalins et PEM sont les deux principales technologies déployées le plus largement dans le monde.



- > **La technologie alcaline** est la plus établie et la plus éprouvée. Elle consiste à séparer l'oxygène et l'hydrogène de l'eau par un courant électrique dans un électrolyte alcalin, solution de potasse KOH. Son historique de projets¹³ en opération démontre qu'elle est généralement facile à opérer, à entretenir et à exploiter. Elle offre un coût d'investissement initial intéressant grâce à son absence d'utilisation de matériaux nobles ou rares. La technologie alcaline est déjà en opération à une échelle comparable ou plus grande en Chine.



- > **L'électrolyse à membrane échangeuse de protons** : dans une cellule d'électrolyseur PEM, les deux électrodes (anode et cathode) sont séparées par une membrane en polymère solide échangeuse de protons. Aucun électrolyte chimique n'est requis, limitant ainsi les risques de manipulation et allégeant les procédures d'exploitation et d'entretien des équipements. La technologie PEM peut fonctionner sur une large plage de puissance et répondre à des variations rapides de charges, même à froid. Cela lui donne l'avantage d'être réactive à un approvisionnement électrique provenant de sources renouvelables. La technologie PEM est déjà en opération à l'échelle de plusieurs dizaines de MW aux États-Unis.

Verso Energy n'a à ce jour pas encore arrêté son choix de technologie d'électrolyse. Celui-ci sera confirmé à l'issue des études de base courant 2025.

L'unité d'électrolyse du projet ReStart permettra de produire **48 000 tonnes d'hydrogène décarboné par an**, qui seront utilisées pour 98 % dans le processus de méthanolation et, pour le reste, dans le procédé méthanol-to-jet (MTJ).